

APPLICATION FOR
UNITED STATES LETTERS PATENT
SPECIFICATION

INVENTOR(s): Takashi YONEYAMA and Eriko TSUJI

Title of the Invention: Defect Inspection Apparatus and Defect
Inspection Method

DEFECT INSPECTION APPARATUS AND DEFECT INSPECTION METHOD

Background of the Invention

5 Field of the Invention

本発明は、半導体ウェハの欠陥検出を自動的に行うチップ比較型検査方式の欠陥検査装置及び欠陥検査方法に関する。

Description of the related art

- 10 近年、半導体技術の革新により配線ルールの微細化が進み、半導体ウェハの検査装置においては、不良とされるチップを高速かつ高精度に検出することが求められている。

- それに伴って、顕微鏡を用いた半導体ウェハの検査装置では自動化が進み、自動的に観察体に焦点（ピント）を合わせるAFは必須
15 の機能となっている。このような装置に搭載されるAF機能の性能は、いわゆる検査スループット（単位時間あたりの検査効率）の向上に非常に大きな役割を担っている。

- 例えば、チップ比較型検査方式の半導体ウェハの自動欠陥検査装置は、半導体ウェハ内に同じパターンチップが多数整列し形成されていることを利用して、予め確認されている正常チップのパターン
20 と検査対象チップのパターンとのパターン整合（パターンマッチング）を行い、パターンが異なると判断した場合には、検査対象チップに異常があると判定し、その異常内容の解析を行うものである。

- この自動欠陥検査装置では、正常チップのパターン画像認識時と
25 検査対象チップのパターン画像採取時にそれぞれAFが行われるた

めに、その分のAF動作時間を要することになる。また、合焦精度が悪く正常チップ若しくは検査対象チップがいわゆるピンぼけ画像となってしまった場合には、パターンの整合性を判定する際に正常チップを異常チップと誤判定する虞がある。

- 5 一方で、合焦速度や合焦精度といったAF性能を向上させる技術として、例えば特開平6-165019号公報には、サンプルの輝度に応じてAF制御の合焦判定に用いられるデフォーカス量（ぼけ量）の算出方法を切り換える自動合焦装置が開示されている。また、
10 特開平11-84228号公報には、観察条件である明るさに応じてAF制御のアルゴリズムを切り換える自動焦点調節装置が開示されている。

Summary of the Invention

- 本発明の一態様に係る欠陥検査装置は、観察体の観察部位を前記
15 観察体内の所定部位へ変更させ、設定された合焦制御パラメータに従って前記所定部位に焦点を合わせるように合焦制御を行わせ、前記所定部位のパターン画像を取得するパターン画像取得部と、該パターン画像取得部により取得された前記パターン画像が保存されるパターン画像保存部と、該パターン画像保存部に保存された前記パ
20 ターン画像取得部により取得された前記観察体内の予め正常と判断された基準部位のパターン画像と、前記パターン画像取得部により取得された前記観察体内の欠陥有無の検査対象となる検査対象部位のパターン画像とを比較して、前記検査対象部位の異常の有無及び異常（欠陥）内容を検出する検出部と、を備え、前記パターン画像
25 取得部が前記検査対象部位のパターン画像を取得するときに行わせ

る合焦制御に用いられる前記合焦制御パラメータは、前記画像パターン画像取得部が前記基準部位のパターン画像を取得したときに行われた合焦制御により得られた標本情報に基づいて決定される。

5 Brief Description of the Drawings

図 1 は、本発明の第一の実施の形態に係る顕微鏡システムの構成例を示した図である。

図 2 は、第 1 A F ユニット及び第 2 A F ユニットの構成を詳細に示した図である。

10 図 3 A は、2 分割ディテクタのデフォーカス特性を示した図である。

図 3 B は、2 分割ディテクタのデフォーカス特性を示した図である。

15 図 3 C は、2 分割ディテクタのデフォーカス特性を示した図である。

図 4 は、第一の実施の形態に係る、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

図 5 は、S 4 0 3 或いは S 4 0 9 にて行われる A F 制御処理の一例を示したフローチャートである。

20 図 6 は、検査対象チップに対する A F 制御に用いられる A F パラメータの一例を示した図である。

図 7 A は、反射率の異なる標本に対する、ステージの Z 位置と 2 分割ディテクタの和信号の特性の一例を示した図である。

25 図 7 B は、反射率の異なる標本に対する、ステージの Z 位置と 2 分割ディテクタの和信号の特性の一例を示した図である。

図 8 は、第二の実施の形態に係る、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

図 9 は、第三の実施の形態に係る、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

5

Description of the Preferred Embodiment

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

図 1 は、本発明の第一の実施の形態に係る顕微鏡システムの構成例を示した図である。尚、同図に示した顕微鏡システムは、チップ比較型検査方式の、半導体ウェハの自動欠陥検査装置の一構成例である。

同図に示したように、本システムは、顕微鏡 1、顕微鏡コントローラ 2、ホストシステム 3 等を備えている。

顕微鏡 1 は、上下左右方向（X Y Z 方向）に移動可能なステージ 4 に積載された観察体である標本 5 を落射照明するための光源 6 を備えており、光源 6 からの照明光は、開口絞り（A S）7、視野絞り（F S）8、観察方法を変化させるキューブ 9、及びレボルバ 10 に装着されている対物レンズ 11 を介して、標本 5 に入射するようになっている。標本 5 からの光束は、対物レンズ 11 及び第 1 A F ユニット（A F センサヘッド）12 を通過して、鏡筒 13 によりその一部が接眼レンズ 14 に導かれ、その他の光束は T V カメラ 15 と第 2 A F ユニット（A F センサヘッド）16 に入射するようになっている。

ホストシステム 3 は、本システム全体の動作を制御する。例えば、顕微鏡コントローラ 2 を介して、顕微鏡 1 等の制御を行う。

25

顕微鏡コントローラ 2 は、ホストシステム 3 の制御の基に、各電動制御部位に対して、対応するそれぞれの制御部を介して、実際の駆動制御を行う。

- 例えば、光源 6 の照明光強弱制御は、顕微鏡コントローラ 2 から
5 の光源制御指令に応じて行われ、光源制御部 17 は、その制御指令に応じて電源を光源 6 に供給する。また、開口絞り 7 の制御及び視野絞り 8 の制御は、同様に顕微鏡コントローラ 2 からの制御指令に応じて行われ、開口絞り (A S) 制御部 18 は、その制御指令に応じて開口絞り 7 を駆動し、また視野絞り (F S) 制御部 19 は、その
10 の制御指令に応じて視野絞り 8 を駆動する。また、レボルバ 10 の駆動制御は、同様に顕微鏡コントローラ 2 からの制御指令に応じて行われ、レボルバ駆動制御部 20 は、その制御指令に応じてレボルバ 10 を駆動する。これにより、レボルバ 10 が回転されて、光路中の対物レンズ 11 の倍率等の変更が行われる。ステージ 4 の移動
15 制御は、同様に顕微鏡コントローラ 2 からの制御指令に応じて行われ、ステージ X-Y 駆動制御部 21 は、その制御指令に応じてモータ 22 を駆動してステージ 4 を X Y 方向に移動させ、またステージ Z 駆動制御部 23 は、その制御指令に応じてモータ 24 を駆動してステージ 4 を Z 方向に移動させる。
- 20 また、ステージ Z 駆動制御部 23 は、A F 制御機能が組み込まれており、後述する第 1 A F ユニット 12 及び第 2 A F ユニット 16 によって検出された標本 5 に対するデフォーカス量に基づいてステージ 4 を上下に移動させ、標本 5 を合焦位置へ導く。

- 一方、TV カメラ 15 によって撮像された標本 5 の画像は、ビデオ
25 ボード 25 によりホストシステム 3 に取得され、ホストシステム

3は、取得した画像を図示しない画像メモリに保存することが可能となっている。また、ホストシステム3は、TVコントローラ26を介して、TVカメラ15に自動ゲイン制御のON/OFF及びゲイン設定、また露出に関しては自動露出制御のON/OFF及び露出時間設定を行うことが可能となっている。

図2は、前述の第1AFユニット12及び第2AFユニット16の構成を詳細に示した図である。

同図において、第1AFユニット12は、標本に赤外レーザ光などを投射し、標本からの反射光を用いてAF制御を行うアクティブAF方式の一つである、瞳分割型のアクティブAF方式を採用している。一方、第2AFユニット16は、CCD等の撮像素子に結像させた標本光像を用いてAF制御を行うパッシブAF方式の一つである、山登り型のパッシブAF方式を採用している。すなわち、本システムは、アクティブAF方式とパッシブAF方式の両方式を搭載したハイブリッドAF方式を採用している。

一般に、両方式によるAF性能の特徴は、アクティブAF方式が、焦点深度に左右されるパッシブAF方式に対して合焦速度面で有利である反面、実際にサンプルの光像に対して焦点（ピント）合わせを行うパッシブAF方式が、標本との距離を検出するアクティブAF方式に対して合焦精度面で有利である。

しかしながら、パッシブAF方式では標本となる半導体ウェハが鏡面等のような場合にコントラストの有無を検出できないため、半導体ウェハの欠陥検査を行う本システムでは、スループットや適応標本を考慮して、アクティブAF方式が優先されるようにしている。

図2に示した第1AFユニット12において、レーザ光源32は、

- レーザ駆動／レンズ駆動部 3 1 からのレーザ駆動信号が入力されると P 偏光のレーザ光を発光する。この P 偏光のレーザ光は、コリメートレンズ 3 3 によって平行光束に変換され、レーザ光に含まれる可視光が標本 5 に投影しないように可視カットフィルタ 3 4 を通過する。可視カットフィルタ 3 4 を通過した光束は、その平行光束の半分を遮断するための遮蔽板 3 5 を介して、偏光ビームスプリッタ 3 6 に入射する。偏光ビームスプリッタ 3 6 は、遮蔽板 3 5 により遮断されなかった光束を 90° 反射するように P 偏光成分は反射、S 偏光成分は透過するような特性を有している。偏光ビームスプリッタ 3 6 により反射されたレーザ光は、結像系レンズ群 3 7, 3 8 を介して 1/4 波長板 3 9 を通過し楕円偏光となり、対物レンズ 1 1 の光軸上に設置された、レーザ光の波長のみを反射するダイクロイックミラー 4 0 により、対物レンズ 1 1 を介して標本 5 に入射する。尚、同図では、このようなレーザ光源 3 2 からのレーザ光が標本 5 に入射するまでの経路を右下がりハッチングにより示している。
- 標本 5 から反射したレーザ光は、同図の右上がりハッチングに示したように、入射光路を戻り、1/4 波長板 3 9 によって偏光ビームスプリッタ 3 6 を透過する S 偏光成分となり、結像レンズ 4 1 により結像されて積分型受光素子の 2 分割ディテクタ 4 2 に入射し、その入射位置に応じた出力（A 側の出力と B 側の出力）が、アクティブ A F デフォーカス信号発生器 3 0（以下、単に信号発生器 3 0 とも言う）に入力される。そして、信号発生器 3 0 は、2 分割ディテクタ 4 2 の出力に基づいて、対応するデフォーカス信号を発生し、それをステージ Z 駆動制御部 2 3 へ出力する。
- また、結像系レンズ 3 7, 3 8, 4 1 は、レーザ駆動／レンズ駆

動部 31 からのレンズ駆動信号に応じて可動する構成となっており、
いずれかのレンズを移動させることにより、投射レーザ光の波長と
観察波長のいわゆる同焦を合わせる（例えば投射レーザ光の波
長による焦点位置を観察波長による焦点位置に合わせる等）や、焦
5 点位置にオフセットを与えることが可能となっている。

図 3 A、図 3 B、及び図 3 C は、このように構成された第 1 A F
ユニット 12 の 2 分割ディテクタ 42 のデフォーカス特性を示した
図である。

図 3 A に示したように、標本 5 が焦点位置より下にある、いわゆ
10 る後ピン位置では、受光素子である 2 分割ディテクタ 42 の B 側に
標本 5 からの反射光が入射するようになっている。

また、図 3 B に示したように、標本 5 が焦点位置にあるときには、
2 分割ディテクタ 42 の A、B 側に同じ光量の、標本 5 からの反射
光が入射するようになっている。

15 また、図 3 C に示したように、標本 5 が焦点位置より上にある、
いわゆる前ピン位置では、図 3 A に示した位置とは逆に、2 分割デ
ィテクタ 42 の A 側に標本 5 からの反射光が入射するようになって
いる。

このようなデフォーカス特性を利用して、図 2 に示した第 1 A F
20 ユニット 12 におけるアクティブ A F は、次のようにして行われる。

アクティブ A F デフォーカス信号発生器 30 は、2 分割ディテク
タ 42 の A、B 側の出力に基づいて、標本 5 に対するデフォーカス
量（ピンぼけ量）を表すデフォーカス信号を発生し、これをステー
ジ Z 駆動制御部 23 へ出力する。ステージ Z 駆動制御部 23 は、そ
25 のデフォーカス信号に基づいて、デフォーカス量が 0 になるように、

すなわちA，B側の出力が等しくなるように、モータ24を駆動してステージ4をZ方向に移動させる。これにより、標本5が合焦位置へ導かれる。また、信号発生器30は、必要に応じて、2分割ディテクタ42のA，B側の出力の和信号を、ステージZ駆動制御部23へ出力し、ステージZ駆動制御部23が、この和信号に基づいて、標本5が合焦位置に近いかな否かを判定できるようになっている。

一方、図2に示した第2AFユニット16において、標本光像は、ハーフミラー51で折り返され、結像レンズ52によってCCDセンサ53に結像され、そのCCDセンサ53の出力がパッシブAFデフォーカス信号発生器50（以下、単に信号発生器50とも言う）に入力される。そして、信号発生器50は、CCDセンサ53の出力に基づいて、対応するデフォーカス信号を発生し、それをステージZ駆動制御部23へ出力する。

このような構成の第2AFユニット16におけるパッシブAFは、次のようにして行われる。

パッシブAFデフォーカス信号発生器50は、CCDセンサ53により撮像された像信号（CCDセンサ53の出力）に基づいて、例えば隣り合った画素の差分の積分値など公知のコントラスト演算を行って、そのコントラスト演算結果をデフォーカス信号としてステージZ駆動制御部23へ出力する。ステージZ駆動制御部23は、デフォーカス信号（コントラスト演算結果）に基づいて、CCDセンサ53に投影される像のコントラストが最大になるように、モータ24を駆動してステージ4をZ方向に移動させる。これにより、標本5が合焦位置へ導かれる。

また、ステージZ駆動制御部23は、前述したように、信号発生

器 3 0 からのアクティブ A F によるデフォーカス信号と、信号発生器 5 0 からのパッシブ A F によるデフォーカス信号（コントラスト演算結果）が入力されるようになっており、各 A F 方式の使い分けや、アクティブ A F を行いながらパッシブ A F によるデフォーカス状態を検出することが可能なようになっている。

また、ステージ Z 駆動制御部 2 3 は、データ保存用のメモリ（不図示）を内蔵しており、ホストシステム 3 から出力された A F 制御に関する各種データ（A F パラメータ等）を保存することが可能なようになっている。

10 次に、上述のように構成された顕微鏡システムのホストシステム 3 によって行われる制御処理の一つとして、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理について説明する。

図 4 は、その欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

同図において、ステージ 4 上に標本となる半導体ウェハが積載され、欠陥検査処理が開始されると、まず S 4 0 1 では、ステージ 4 が、予め設定されている基準チップ位置へ移動される。尚、基準チップとは、予め正常であると確認されているチップのことである。

15 S 4 0 2 では、基準チップに対する A F 制御に用いられる A F パラメータとしてデフォルト値が設定される。尚、このデフォルト値は、あらゆる標本に対して A F 制御が可能になるように考慮された値である。A F パラメータとしては、例えば、後述する A F 制御時のステージ速度、ステージ Z 範囲（サーチ範囲）、パッシブ A F コントラスト閾値（第 1 の所定値）等である。

25 S 4 0 3 では、前ステップで設定された A F パラメータに従って、基準チップに対しての A F 制御が開始され、焦点合わせが行われる。

尚、本ステップにて行われるAF制御については、図5を用いて後述する。

S404では、前ステップで行われたAF制御により得られた標本情報に基づいて、続いて行われる検査対象チップに対するAF制御に用いられるAFパラメータ(フィードバック用AFパラメータ)が取得される。尚、標本情報とは、例えば、基準チップの合焦位置や基準チップからの反射光に応じた光量等に関する情報である。また、取得されるAFパラメータは、検査対象チップに対するAF制御において高速な合焦速度及び高精度な合焦精度を得るのに最適なAFパラメータであり、例えば、高速な合焦速度を得るのに最適なステージ速度やステージZ範囲(サーチ範囲)等、また高精度な合焦精度を得るのに最適なパッシブAFコントラスト閾値(第1の所定値)等である。このような本ステップで取得されるAFパラメータについては図6を用いて後述する。

15 S405では、S403で焦点合わせが行われた基準チップの画像がビデオボード25を介して取得される。

S406では、前ステップで取得された基準チップの画像がホストシステム3のメモリに保存される。

20 このようにして基準チップの画像が取得されると、続いて、検査対象チップの画像取得が開始される。

まず、S407では、ステージ4が、検査対象チップ位置へ移動される。

S408では、検査対象チップに対するAF制御に用いられるAFパラメータとして、前述のS404で取得されたAFパラメータ(フィードバック用AFパラメータ)が設定される。

S 4 0 9 では、前ステップで設定された A F パラメータに従って、検査対象チップに対する A F 制御が開始され、焦点合わせが行われる。尚、本ステップにて行われる A F 制御については、図 5 を用いて後述する。

- 5 S 4 1 0 では、前ステップで焦点合わせが行われた検査対象チップの画像がビデオボード 2 5 を介して取得される。

- S 4 1 1 では、前述の S 4 0 6 で保存された基準チップの画像と前ステップで取得された検査対象チップの画像とのパターンが整合され、異なっている部分があれば検査対象チップが異常チップであると判定され、同一であれば正常チップであると判定される。すな
10 わち、本ステップでは欠陥有無及び欠陥内容の診断が行われる。欠陥内容とは、例えば配線パターンの断線やゴミの付着などである。

- S 4 1 2 では、未検査の検査対象チップがあるか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には S 4 0 1 へ戻り、N o の場合には
15 本フローが終了する。このような判定によって、未検査の検査対象チップがなくなるまで、上述した処理が繰り返し行われるようになる。

- 以上、図 4 に示したフローが行われることによって、基準チップに対する A F 制御によって得られた標本情報を基に、検査対象チ
20 ップに対する A F 制御において合焦速度及び合焦精度を向上させるのに最適な A F パラメータが設定されるようになる。従って、検査対象チップに対して高速かつ高精度な A F 制御が可能になり、半導体ウェハ内チップの欠陥検査において、高い欠陥検出精度及び高スループットを実現することができる。

- 25 尚、本フローでは、基準チップの画像と検査対象チップの画像が

交互に取得されるものであったが、1つの基準チップの画像に対して複数の検査対象チップの画像を取得するようにし、その1つの基準チップの画像を用いて各々の検査対象チップの画像とのパターンマッチングを行うようにしても良い。

- 5 図5は、前述のS403或いはS409にて行われるAF制御処理の一例を示したフローチャートである。

同図において、AF制御が開始されると、まずS501では、AFパラメータの一つとして設定された、AF制御を行うステージZ範囲（サーチ範囲）の下限位置に、ステージ4が移動される。

- 10 S502では、AFパラメータの一つとして設定されたステージ速度SP1で、前述のステージZ範囲の上限位置方向へ向け、ステージ4の移動が開始される。

S503では、ステージ4が、前述のステージZ範囲の上限位置に達したか否かが判定され、その判定結果がYesの場合にはS5

- 15 10へ進み、Noの場合にはS504へ進む。

S504では、パッシブAFデフォーカス信号発生器50から出力されたデフォーカス信号（コントラスト演算結果）に応じたコントラスト値が、AFパラメータの一つとして設定された第1の所定値以上であるか否かが判定され、その判定結果がYesの場合には

- 20 S505へ進み、Noの場合にはS506へ進む。

S505では、この時のステージ4の位置（ステージアドレス）がZ1として保存される。

S506では、アクティブAFデフォーカス信号発生器30から出力された2分割ディテクタ42のA、B側の出力の和信号が、A

- 25 Fパラメータの一つとして設定された第2の所定値以上であるか否

かが判定され、その判定結果がY e sの場合にはステージ4が合焦位置に近いと判断されS 5 0 7へ進み、N oの場合にはステージ4が合焦位置から遠いと判断されS 5 0 3へ戻る。

5 このように本システムでは、ステージ4が合焦位置に近いか否かの判断を、アクティブAF方式を優先して第1AFユニット12による検出結果を用いて行っている。これは、パッシブAF方式では、標本となる半導体ウェハが鏡面等のような場合には、コントラストの有無を検出できず正しい判断ができない虞があるからである。

10 S 5 0 7では、第1AFユニット12によるアクティブAF方式により合焦が行われる。すなわち、2分割ディテクタ42のA、B側の出力が等しくなるようにステージ4の位置が制御され、第1AFユニット12によるアクティブAF方式により合焦が行われる。

15 S 5 0 8では、前ステップで合焦が行われたときのステージ4の位置において、パッシブAFデフォーカス信号発生器50から出力されたデフォーカス信号（コントラスト演算結果）が取得され、そのデフォーカス信号に応じたコントラスト値が前述の第1の所定値以上であるか否かが判定され、その判定結果がY e sの場合にはS 5 0 9へ進み、N oの場合には本フローが終了する。

20 S 5 0 9では、パッシブAFデフォーカス信号発生器50から出力されるデフォーカス信号に応じたコントラスト値が最大となるようにステージ4が移動され、すなわち第2AFユニット16によるパッシブAF方式により合焦が行われ、本フローが終了する。

25 一方、前述のS 5 0 3乃至S 5 0 6の処理が繰り返され、AF制御を行うステージZ範囲（サーチ範囲）の全範囲において、2分割ディテクタ42のA、B側の出力の和信号が第2の所定値以上にな

らなかった場合、すなわち前述の S 5 0 3 の判定結果が Y e s の場合、続く S 5 1 0 では、そのステージ Z 範囲の全範囲において行われた S 5 0 3 乃至 S 5 0 6 の処理において、パッシブ A F デフォーカス信号発生器 5 0 から出力されたデフォーカス信号に応じたコントラスト値が第 1 の所定値以上であったステージ 4 の位置があったか否か、すなわち前述の S 5 0 5 において、Z 1 として保存されたステージ 4 の位置があったか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には S 5 1 1 へ進み、N o の場合には S 5 1 2 へ進む。

S 5 1 1 では、Z 1 として保存された位置へステージ 4 が移動され、前述の S 5 0 9 へ進んでパッシブ A F 方式により合焦が行われる。

S 5 1 2 では、A F パラメータの一つとして設定されたステージ速度 S P 2 で、前述のステージ Z 範囲の下限位置方向へ向け、ステージ 4 の移動が開始される。但し、このステージ速度 S P 2 は、合焦の可能性を高めるために、ステージ速度 S P 1 よりも低い速度になっている。

S 5 1 3 では、ステージ 4 が、その下限位置に達したか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には本フローが終了し、N o の場合には S 5 1 4 へ進む。

S 5 1 4 では、パッシブ A F デフォーカス信号発生器 5 0 から出力されたデフォーカス信号（コントラスト演算結果）に応じたコントラスト値が、前述の第 1 の所定値以上であるか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には S 5 0 9 へ進んでパッシブ A F 方式により合焦が行われ、N o の場合には S 5 1 3 へ戻る。これにより、ステージ 4 がステージ Z 範囲の下限位置に達するまでにコント

ラスト値が第 1 の所定値以上であると判定されるまで、本判定が繰り返される。

以上、図 5 に示したフローが行われることによって、AF パラメータとして、前述の S 4 0 2 にて設定されたデフォルト値、或いは S 4 0 8 にて設定されたフィードバック用 AF パラメータに従って、AF 制御が行われるようになる。また、フィードバック用 AF パラメータに従って AF 制御が行われるときには、そのパラメータが高速な合焦速度及び高精度な合焦精度を得るのに最適なものであるので、高速かつ高精度な AF 制御が可能になる。

- 10 尚、本フローにおける、ステージ 4 を移動させながら 2 分割ディテクタ 4 2 の A, B 側の出力の和信号が第 2 の所定値以上であるかを検出するための制御を、アクティブ AF 方式による標本捕捉制御と言ひ、またステージ 4 を移動させながらパッシブ AF デフォーカス信号発生器 5 0 から出力されたデフォーカス信号に応じたコントラスト値が第 1 の所定値以上であるかを検出するための制御を、パッシブ AF 方式による標本捕捉制御と言う。

続いて、前述の基準チップに対する AF 制御により得られた標本情報に基づいて取得される、検査対象チップに対する AF 制御に用いられる AF パラメータについて説明する。

- 20 図 6 は、その AF パラメータの一例を示した図である。

同図において、アクティブ AF ステージ速度は、アクティブ AF 方式による標本サーチ時の標本サーチ可能な最速のステージ速度、すなわちアクティブ AF 方式による標本捕捉制御時の標本捕捉可能な最速のステージ速度を示し、合焦速度の向上に寄与する AF パラメータである。これは、基準チップに対する AF 制御時に得られた

標本からの反射光量(標本情報)に基づいて取得されるものである。
図5の説明では、このアクティブAFステージ速度を、検査対象チップに対するAF制御時のステージ速度SP1としている。尚、このステージ速度については図7A及び図7Bを用いて更に詳しく後述する。

また、サーチ範囲は、AF制御時の標本捕捉可能な最小のステージZ範囲(ステージ4のZ方向の範囲)を示し、合焦速度の向上に寄与するAFパラメータである。これは、基準チップに対するAF制御時に得られた合焦位置(標本情報)に基づいて取得されるものであり、その基準チップの合焦位置付近の範囲が、検査対象チップに対するAF制御時のサーチ範囲とされる。

例えば、標本の合焦位置が完全に不明な場合には、広範囲のサーチ範囲を設定してAF制御を行わなければならないが、本システムでは、基準チップに対するAF制御により合焦位置を検出することによって検査対象チップの合焦位置をある程度特定することができるので、検査対象チップに対するAF制御では、その基準チップの合焦位置付近をサーチ範囲として、検査対象チップに対するAF制御時のステージZ範囲を狭く設定することができ、サーチ時間を短縮させて合焦速度を向上させることができる。図5の説明では、このサーチ範囲を、検査対象チップに対するAF制御時のステージZ範囲としている。

また、標本サーチAF方式は、標本をサーチする際のAF方式として、アクティブAF方式、パッシブAF方式、或いはハイブリッドAF方式の何れかを示すもので、合焦速度の向上に寄与するAFパラメータである。

例えば、図4及び図5に示したフローにおいて、基準チップに対してAF制御を行った結果、2分割ディテクタ42のA、B側の出力の和信号が第2の所定値以上であると判定されなかった場合には（S506がNo）、検査対象チップに対しても同様に、その出力の和信号が第2の所定値以上であると判定される可能性は低いと考えられる。そこで、このような基準チップに対するAF制御時に得られた標本情報に基づいて、検査対象チップに対するAF制御時の標本サーチAF方式をパッシブAF方式に限れば、検査対象チップに対するAF制御時に、アクティブAF方式による標本サーチを行わせないようにすることができ、無意味な処理が行われるのを防止することができる。よって、合焦速度を向上させることができる。

また、パッシブAFステージ速度は、パッシブAF方式による標本サーチ時の標本サーチ可能な最速のステージ速度、すなわちパッシブAF方式による標本捕捉制御時の標本捕捉可能な最速のステージ速度を示し、合焦速度の向上に寄与するAFパラメータである。これは、基準チップに対するAF制御時に得られた標本からの反射光量（標本情報）に基づいて取得されるものである。図5の説明では、このパッシブAFステージ速度を、検査対象チップに対するAF制御時のステージ速度SP2としている。但し、前述したように、ステージ速度SP2は、合焦の可能性をより高めるために、ステージ速度SP1よりも低い速度とされる。尚、このステージ速度については図7A及び図7Bを用いて更に詳しく後述する。

また、アクティブAFオフセット量は、アクティブAF方式によるAF制御時の合焦位置のオフセット量を示し、合焦精度の向上に寄与するAFパラメータである。但し、このアクティブAFオフセ

ット量については、基準チップに対するAF制御によって取得されるものではなく、例えば測定者等により設定されるものである。

例えば、基準チップ或いは検査対象チップの何れかに膜がコーティングされている場合に、検査対象チップに対するアクティブAF方式によって合焦が行われたときに、このアクティブAFオフセット量に基づいて、その膜厚分を合焦位置からオフセットさせることにより、高精度な合焦精度を確保することができる。

また、パッシブAFコントラスト閾値は、コントラストの有無を検出するための最適な閾値を示し、合焦精度の向上に寄与するものである。これは、基準チップに対するAF制御時に得られた標本からの反射光量（標本情報）に基づいて取得されるものである。図5の説明では、このパッシブAFコントラスト閾値を第1の所定値としている。

ここで、理解を深めるために、前述の検査対象チップに対するAF制御時のステージ速度について更に詳しく説明する。

図7A及び図7Bは、反射率の異なる標本に対する、ステージ4のZ位置と2分割ディテクタ42の和信号の特性の一例を示した図であり、図7Aは反射率の高い標本に対する特性を示し、図7Bは反射率の低い標本に対する特性を示している。また、図7A及び図7Bにおいて、横軸はZ座標（Zステージ4のZ位置）を示し、縦軸は2分割ディテクタ42の和信号を示している。また、Z座標が0の位置は合焦位置を示し、標本からの反射光が最も高くなる位置を示している。

図7A及び図7Bに示したように、標本の反射率の違いは、標本からの反射光がステージ4のZ方向のどれだけの範囲で検出可能か

の相違であり、信号の S/N 等から標本が合焦位置に近いと判断される和信号レベルを P_{th} とすると、反射率の高い標本である図7 Aに示した標本捕捉範囲は X_1 、反射率の低い標本である図7 Bに示した標本捕捉範囲は X_2 であり、その範囲は反射率と比例関係にあり、反射率の高い標本は低い標本より合焦位置から離れた位置での標本捕捉が可能である。

標本捕捉制御において、標本を捕捉する際のステージ速度は、この標本捕捉範囲と密接な関係があり、標本捕捉範囲が広ければ広いほどステージ速度を高速化でき、高速の合焦速度を得ることができる。従って、未知の標本に対してAF制御を行う際にはAF制御可能な仕様内で標本の反射率が最も低い場合を想定してステージ速度を最も低速に設定しなければならないが、本システムのように基準チップに対してのAF制御時に標本の反射率を検出してそれが既知であるならば、検査対象チップのAF制御時にその検出した標本の反射率に応じて適切なステージ速度を設定することが可能になり、合焦速度を向上させることができる。

以上、本実施形態によれば、チップ比較型検査方式の、半導体ウェハの自動欠陥検査装置において、基準チップに対するAF制御により得られた標本情報を検査対象チップのAF制御時にフィードバックさせることによって、検査対象チップに対して高速かつ高精度なAF制御が可能となり、検査精度及びスループットを飛躍的に向上させることができる。

尚、本実施形態では、アクティブAF方式として瞳分割型を、パッシブAF方式として山登り型を採用したハイブリッド型のAF方式を適用したが、基準チップに対するAF制御時に取得した標本情

報を検査対象チップのAF制御時にフィードバックするという制御処理において、AF方式がハイブリッド型である必要はなく、本実施形態に示したAF方式を公知のAF方式に置き換えるようにしても同様の効果を得ることができる。

- 5 また、本実施形態では、標本を積載したステージ4をZ方向（上下方向）に移動させることにより標本を合焦へと導く構成であったが、対物レンズ11をZ方向に移動させることにより標本を合焦位置へと導く構成としても同様の効果を得ることができる。

- 10 また、本実施形態では、標本を載置したステージ4をXY方向（左右方向）に移動させることにより標本の観察部位を変更する構成であったが、対物レンズ11をXY方向に移動させることにより標本の観察部位を変更する構成としても同様の効果を得ることができる。

次に、本発明の第二の実施の形態について説明する。

- 15 本実施形態に係る顕微鏡システムの構成は、図1及び図2に示した構成と同様であるが、その制御処理の一つである半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理が、図4に示した処理と異なる。そこで、ここでは、その欠陥検査処理について説明する。

図8は、本第二の実施の形態に係る、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

- 20 同図において、S801乃至S804の処理では、前述のS401乃至S404の処理と同様の処理が行われる。

- 25 S805では、S803で焦点合わせが行われた位置、すなわち基準チップの合焦位置 Z_p が保存される。また、このときの焦点合わせが行われた基準チップの画像がビデオボード25を介して取得され、これがホストシステム3のメモリに保存される。

S 8 0 6 では、ステージ 4 が、検査対象チップ位置に移動される。

S 8 0 7 では、検査対象チップに対する A F 制御に用いられる A F パラメータとして、S 8 0 4 で取得された A F パラメータ（フィードバック用 A F パラメータ）が設定される。

- 5 S 8 0 8 では、前ステップで設定された A F パラメータに従って、検査対象チップに対する A F 制御が開始され、焦点合わせが行われる。尚、本ステップで行われる A F 制御は、前述の図 5 に示したフローに従って行われる（S 8 1 2 において同じ）。

- 10 S 8 0 9 では、前ステップにて焦点合わせが正常に行われたか否か、すなわち検査対象チップに対する合焦が成功したか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には S 8 1 0 へ進み、N o の場合には S 8 1 1 へ進む。

- 15 S 8 1 0 では、この時の検査対象チップの画像がビデオボード 2 5 を介して取得され、前述の S 8 0 5 で保存された基準チップの画像と、本ステップで取得された検査対象チップの画像のパターンが整合され、異なっている部分があれば検査対象チップが異常チップであると判定され、同一であれば正常チップであると判定される。すなわち、欠陥有無及び欠陥内容の診断が行われる。

- 20 一方、検査対象チップに対する A F 制御が失敗した場合、すなわち S 8 0 9 の判定結果が N o の場合、続く S 8 1 1 では、設定されている A F パラメータがデフォルト値に戻される。つまり、A F パラメータとして設定されていたフィードバック用 A F パラメータが破棄されデフォルト値に再設定されることで、A F パラメータがフィードバック用 A F パラメータからデフォルト値に変更される。

- 25 S 8 1 2 では、前ステップで設定されたデフォルト設定に従って

再度AF制御が開始され、焦点合わせが行われる。

S 8 1 3では、前ステップにて焦点合わせが正常に行われたか否か、すなわち検査対象チップに対する合焦が成功したか否かが判定され、その判定結果がY e sの場合には前述のS 8 1 0へ進み、N
5 oの場合にはS 8 1 4へ進む。

S 8 1 4では、ステージ4が、前述のS 8 0 5にて保存されたステージ位置Z pへ移動される。尚、本ステップは、フィードバック用AFパラメータに従ったAF制御及びデフォルト値に従ったAF制御の何れにおいても合焦が失敗したので、基準チップの合焦位置
10 を検査対象チップの合焦位置とみなして検査対象チップの画像を取得するために行われる処理である。

S 8 1 5では、続くS 8 1 0で取得される検査対象チップの画像に、検査対象チップに対する合焦失敗（AF制御失敗）の旨の情報が付加されるようにされて、S 8 1 0へ進む。これにより、続くS
15 8 1 0において、得られた検査対象チップの画像に合焦失敗の旨の情報が付加されるようになり、後に、その画像の欠陥検出精度が低い可能性があることを知らせることができる。

以上、本実施形態によれば、チップ比較型検査方式の半導体ウェハの自動欠陥検査装置において、更に、検査対象チップに貫通穴が生じていたり、大きな異物が存在していたりする等、AF制御が困難なチップ異常が生じていた場合にも欠陥検出を確実に行うことが可能になり、検査精度及びスループットをより飛躍的に向上させることができる。

次に、本発明の第三の実施の形態について説明する。

25 本実施形態に係る顕微鏡システムの構成は、図1及び図2に示し

た構成と同様であるが、その制御処理の一つである半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理が、図4或いは図8に示した処理と異なる。そこで、ここでは、その欠陥検査処理について説明する。

図9は、本第三の実施の形態に係る、半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理の一例を示したフローチャートである。

同図において、ステージ4上に標本となる半導体ウェハが積載され、欠陥検査処理が開始されると、まずS901では、正常であると確認されている基準チップが選択され、ステージ4が、その基準チップ位置へ移動される。

10 S902では、基準チップに対するAF制御に用いられるAFパラメータとしてデフォルト値が設定され、該デフォルト値に従ってAF制御が行われ、合焦が成功したか否か（合焦動作を正常に完了したか否か）が判定され、その判定結果がYesの場合には（同図のOK）S903へ進み、Noの場合には（同図のNG）S908へ進む。尚、デフォルト値については既に第一の実施形態の説明で述べた通りである。また、本ステップで行われるAF制御は、図5に示したフローに従って行われる。

20 S903では、半導体ウェハに照射される照明光の光量を制御するための光パラメータである、開口絞り7の開口径と光源制御部17に設定された電圧が取得され、それらが記憶される。尚、光源6から出射される照明光の光量は、光源制御部17に設定された電圧に応じて制御されている。

また、本ステップでは、前ステップで行われたAF制御により得られた標本情報に基づいて、検査対象チップに対するAF制御に用いられるAFパラメータ（フィードバック用AFパラメータ）が取

得される。尚、このAFパラメータについては既に第一の実施形態の説明で述べた通りである。

S 9 0 4では、TVカメラ15に対し、自動ゲイン制御のON設定が為されると共に自動露出制御のON設定が為され、基準チップ
5 に対して撮像が行われて、基準チップの画像が取得される。

S 9 0 5では、前ステップで行われた撮像時のゲイン調整値及び露出時間が取得され、これらが記憶される。

S 9 0 6では、ステージ4が、次のチップ位置、すなわち検査対象チップ位置へ移動される。

10 S 9 0 7では、前述のS 9 0 3で取得されたAFパラメータに従って、検査対象チップに対するAF制御が行われ、合焦が成功したか否か（合焦動作を正常に完了したか否か）が判定され、その判定結果がY e sの場合には（同図のOK）S 9 0 9へ進み、N oの場合には（同図のNG）S 9 0 8へ進む。尚、本ステップで行われる
15 AF制御は、図5に示したフローに従って行われる。

S 9 0 8では、合焦が失敗したので警告表示が行われて処理が中断し、本フローが終了する。

S 9 0 9では、前述のS 9 0 3で記憶された光パラメータである開口径と電圧が、開口絞り7と光源制御部17に設定される。

20 S 9 1 0では、前述のS 9 0 5で記憶されたゲイン調整値及び露出時間が、TVカメラ15に設定される。

S 9 1 1では、検査対象チップに対して撮像が行われ、検査対象チップの画像が取得される。

S 9 1 2では、S 9 0 4で取得された基準チップの画像と前ステップで取得された検査対象チップの画像とのパターンマッチングが
25

行われ、欠陥有無及び欠陥内容の診断が行われる。

S 9 1 3 では、未検査の検査対象チップがあるか否かが判定され、その判定結果が Y e s の場合には S 9 0 6 へ戻って次の検査対象チップに対する処理が開始され、N o の場合には本フローが終了する。

- 5 以上、図 9 に示したフローが行われることによって、基準チップと検査対象チップの撮像条件を一致させることができるので、理想的なパターンマッチングを行うことができ、欠陥検出をより高精度に行うことができる。

- 10 以上、本実施形態によれば、チップ比較型検査方式の、半導体ウェハの自動欠陥検査装置において、更に基準チップと検査対象チップの撮像条件を一致させることができるので、検査精度及びスループットをより飛躍的に向上させることができる。

- 15 尚、本実施形態におけるパターンマッチングの処理において、検査時間の短縮化を優先して欠陥チップのみを検出・出力するようにしても良い。また、そのときに、欠陥チップの画像を高分解能で記憶するようにしても良い。また、画像の記憶先となる記憶媒体として、例えば、大容量記憶媒体であるハードディスク装置のメモリや R A M 等、或いは D V D - R A M、M O、C D - R 等の可搬記録媒体を用いれば、詳細な画像情報を確実に残しておくことができる。
- 20 また、これらに記憶される画像のフォーマットは、カスタム形式ではなく、例えば J P E G、B M P、G I F、T I F F 等の一般的な画像フォーマットを適用するようにすれば、一般の画像処理用ソフトウェアを用いて、欠陥位置や欠陥状態等の解析が可能になる。これにより、このような画像処理機能を本システムから省き、本シス
- 25 テムを安価に構成することができる。

次に、本実施形態に係る顕微鏡システムの変形例について説明する。

本変形例に係る顕微鏡システムの構成は、図 1 及び図 2 に示した構成とほぼ同様であるが、光源制御部 20 が新たに光源 6 の出力(照明強度)をモニタするための光検出器を備えている点が異なる。また、本システムの制御処理の一つである半導体ウェハ内チップの欠陥検査処理は、図 9 に示した処理内容とほぼ同様であるが、前述の S 903 で取得・記憶される電圧が、光源制御部 17 に設定された電圧ではなく、前述の光検出器によって得られた、光源 6 の出力に応じた光電変換値である点が異なる。

以上、本変形例によれば、時間の経過と共に変化する光源 6 の出力の変化量を補正することが可能になり、より正確な光量を半導体ウェハに与えることができる。よって、より正確な撮像条件の同一性を確保でき、より高精度な欠陥検出が可能になる。

以上、本発明の欠陥検査装置及び欠陥検査方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良及び変更を行っても良いのはもちろんである。

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、チップ比較型検査方式の、半導体ウェハの自動欠陥検査装置において、欠陥検出精度及びスループットを飛躍的に向上させることが可能になる。